22102350291

Med
K4810

CHIMIE VÉGÉTALE

LA RAMIE

15994. — IMPRIMERIE A. LAHURE
9, rue de Fleurus, 9, à Paris

CHIMIE VÉGÉTALE

LA RAMIE

PAR E. FREMY

Membre de l'Académie des sciences
Directeur du Muséum d'histoire naturelle

PARIS
Vve CH. DUNOD, ÉDITEUR
LIBRAIRIE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES CHEMINS DE FER
DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES
49, Quai des Augustins, 49

1886

Droits de traduction et de reproduction réservés

311223 28211

31506 061

WELLCOME INSTITUTE
LIBRARY

Coll.	weMOmec
Call No.	QK

LA RAMIE

PREMIÈRE PARTIE

L'enseignement de la chimie au Muséum a principalement pour but de montrer tous les services que notre science peut rendre à l'Histoire Naturelle et à ses applications.

Aussi lorsque j'ai été appelé, par le suffrage de mes collègues, à la succession de Gay-Lussac au Muséum, ce qui a été pour moi un grand honneur dans ma vie scientifique, j'ai pensé qu'il était de mon devoir de donner à mes recherches de chimie une direction qui fût en rapport avec mes nouvelles fonctions : c'est

ainsi que mes études se sont portées principalement *sur la chimie végétale*.

Parmi les questions que j'avais à traiter, celles qui se rapportent *à l'étude chimique du squelette des végétaux* m'ont paru présenter une importance de premier ordre.

Elles intéressent d'abord la science pure, car elles fournissent à l'anatomie végétale des notions précises sur la constitution réelle du tissu des végétaux; elles font intervenir *le caractère chimique qui ne trompe pas*, à côté des documents fournis par l'observation microscopique. J'ai reconnu bien souvent, dans mes recherches de chimie végétale, que le caractère chimique apprenait à dédoubler des tissus dont la nature complexe avait échappé à la simple étude microscopique.

Mais c'est à l'industrie des fibres végétales, qui est peut-être la plus importante de notre pays, que la chimie peut rendre de grands services.

Tout le monde connaît le parti que Berthollet a tiré de la découverte du chlore, dans le traitement des fibres textiles des végétaux :

les résultats obtenus par le grand chimiste sont considérables, mais il reste encore dans ces questions bien des points à éclaircir.

Ainsi le traitement du chanvre est loin d'être parfait, et la chimie peut apporter de notables améliorations dans son rouissage.

Croit-on que les fibres du lin et du chanvre soient purifiées d'une façon complète? ne pourrait-on pas leur donner une plus grande valeur en enlevant les substances étrangères qu'elles retiennent et qui les empêchent souvent de donner des fils fins et soyeux?

Dans la purification des fibres de lin, on compte trop sur la machine et pas assez sur les agents chimiques.

Toutes les fibres végétales ne sont pas utilisées.

Ne laisse-t-on pas sans usage un grand nombre de fibres qui pourraient entrer dans la fabrication des fils ou dans celle du papier?

La mise en culture des terrains abandonnés qui conviennent à la végétation des plantes textiles, serait un bienfait pour notre industrie et notre agriculture.

Dans la solution de ces questions qui pré-

sentent aujourd'hui un intérêt national, j'ai pensé que la chimie avait à prendre une initiative véritable, en complétant l'étude des substances fibreuses des végétaux et en montrant surtout comment on peut les épurer.

La purification des textiles est une opération difficile : les fibres élémentaires se trouvent liées entre elles et en quelque sorte enchâssées dans un tissu très complexe qui est celui de l'écorce.

Pour séparer les unes des autres les fibres qui sont soudées entre elles par un véritable ciment végétal, il faut connaître les propriétés des substances qui constituent l'écorce.

L'analyse chimique et l'étude des différents corps composant le squelette des végétaux, doivent donc servir de base à tous les perfectionnements que l'on veut introduire dans l'industrie des fibres textiles.

Mais le mode d'analyse d'un tissu végétal était à créer.

Nous savons, en chimie organique, faire l'analyse d'un liquide qui contient un grand nombre de corps différents.

Jusqu'à présent, les procédés à employer pour analyser un tissu complexe insoluble dans tous les dissolvants neutres, tel que celui d'une écorce, étaient absolument inconnus.

C'est cette question difficile d'analyse végétale qui m'a occupé pendant plusieurs années et que je crois avoir résolue.

J'exécute aujourd'hui avec précision l'analyse qualitative et quantitative de tous les tissus ligneux.

J'analyse une écorce comme j'analyserais un minerai de fer ou de cuivre : j'isole, je purifie et même je dose tous les éléments qui composent le squelette des végétaux.

Arrivé à ce point, j'ai pensé qu'il me serait possible d'aborder utilement les questions qui concernent la purification des fibres végétales.

Connaissant les propriétés des corps qui soudent entre elles les fibres corticales, il m'était facile de déterminer la méthode à employer pour obtenir ces fibres à l'état de pureté.

Les résultats scientifiques que j'ai constatés dans ces recherches, sont consignés soit dans les Comptes Rendus de l'Académie, soit dans

l'*Encyclopédie Chimique* que je publie depuis quelques années.

C'est une autre question que j'aborde dans cette publication.

Mon but est de montrer le parti que l'industrie des fibres textiles peut tirer des faits scientifiques que j'ai découverts.

Pour cette démonstration, j'aurais pu prendre le lin ou le chanvre dont l'épuration se fait, dans l'industrie, d'une façon incomplète; mais j'ai mieux aimé choisir le traitement d'une plante qui jusqu'à présent n'a pas encore été employée en France d'une façon régulière et qui cependant peut devenir, pour notre pays, d'une importance considérable : je veux parler ici de *la Ramie*.

Du reste les faits qui se rapportent au traitement de la Ramie, pourront s'appliquer en grande partie au lin et au chanvre comme je le démontrerai dans une autre publication.

La ramie a été cultivée pour la première fois en France par Decaisne, au Muséum d'histoire naturelle.

Cette plante donne en abondance des fibres

d'une ténacité extraordinaire qui présentent souvent le brillant de la soie : sa récolte peut se faire trois ou quatre fois par an : elle croît avec facilité dans nos départements du midi et dans presque toutes nos colonies.

La ramie deviendra peut-être un jour notre *coton français*.

Si la ramie n'a pas donné encore, dans notre pays, les résultats qu'on pouvait espérer, c'est qu'on a voulu aborder trop tôt la question industrielle, avant d'avoir demandé à la science les documents qu'elle pouvait fournir.

Ce sont ces données scientifiques que je viens soumettre à nos fabricants.

Avant d'aborder la question industrielle et de décrire les méthodes qui permettent de retirer économiquement les fibres contenues dans la ramie, j'ai pensé qu'il était indispensable de rappeler ici, dans un résumé succinct, les faits principaux que j'ai découverts dans mes études chimiques sur le tissu des végétaux, et de dire quels sont les caractères des éléments qui le composent.

En se reportant aux propriétés chimiques

des principes qui constituent le squelette des végétaux, il sera facile alors de comprendre et de suivre les opérations que je propose pour arriver à la purification des fibres élémentaires qui se trouvent dans les écorces.

COMPOSITION CHIMIQUE DU SQUELETTE DES VÉGÉTAUX

A l'époque où j'ai entrepris mes recherches sur le squelette des végétaux, on considérait la charpente des végétaux comme formée principalement par un seul corps, *la cellulose*, dont les propriétés variaient avec l'*état d'agrégation* de cette substance *et son incrustation* par des matières étrangères.

Mes études sur la composition chimique du squelette des végétaux m'ont conduit à des résultats qui diffèrent complètement de ceux que je viens de rappeler.

J'ai démontré que les propriétés variables du squelette des végétaux n'étaient dues ni à différents états d'agrégation de la cellulose, ni

à son incrustation par des corps étrangers, mais à l'existence, dans le tissu des végétaux, de corps spéciaux méconnus jusqu'alors, qui accompagnent la cellulose, qui forment avec elle de *véritables associations organiques et qui sont constitutifs comme la cellulose elle-même.*

Ce sont les proportions différentes de ces corps spéciaux qui font varier la densité, la dureté et la couleur des bois.

Le principe étant une fois établi, j'ai fait une étude chimique de ces nouveaux éléments du tissu ligneux.

Ces recherches entreprises d'abord dans un but purement scientifique, me permettent d'aborder aujourd'hui des questions qui intéressent l'industrie.

Je suis en mesure de dire comment on peut débarrasser la partie fibreuse de l'écorce de toutes les substances qui la colorent, la durcissent et s'opposent à la préparation des fibres élémentaires.

J'ai reconnu d'abord que la composition chimique du tissu des végétaux n'est pas aussi simple qu'on le pensait autrefois.

Il résulte de mes recherches que les principaux éléments du squelette des végétaux sont les suivants :

1° Corps cellulosiques tels que la cellulose, la paracellulose, la métacellulose, la fibrose;

2° La vasculose;

3° La cutose;

4° La pectose et ses dérivés;

5° La chlorophylle;

6° Différentes matières minérales;

7° Les corps albumineux.

Tous ces corps ont été décrits dans mes mémoires : je rappellerai seulement ici leurs propriétés caractéristiques qui trouvent une application dans le traitement des fibres végétales.

CORPS CELLULOSIQUES

Payen n'admettait qu'une seule cellulose : j'ai reconnu qu'il existait, dans les tissus des végétaux, un certain nombre de substances qui se placent à côté de la cellulose de Payen et qui présentent entre elles des différences notables.

J'ai donné à ces substances, qui ont la même composition que la cellulose, le nom de *corps cellulosiques*.

On peut les caractériser au moyen de quelques réactifs que je vais faire connaître, parce que les industriels pourront souvent les employer, avec profit, pour constater la pureté des fibres qu'ils préparent.

1° Ces corps cellulosiques sont insolubles dans l'eau froide et ne se gonflent pas dans l'eau bouillante, à la manière des substances amylacées : les dissolvants neutres n'agissent pas sur eux.

2° Ils sont solubles dans le réactif ammoniaco-cuivrique : cette action s'exerce quelquefois immédiatement ; dans d'autres cas les corps cellulosiques ne deviennent solubles dans le réactif ammoniaco-cuivrique qu'après avoir éprouvé l'influence de la chaleur, celle de l'eau bouillante ou l'action des réactifs énergiques tels que les acides : ces différences m'ont permis de distinguer les corps cellulosiques les uns des autres.

3° Le chloro-iodure de zinc les colore en violet.

4° Le sulfate basique d'aniline, qui colore la vasculose en jaune paille, ne colore pas les corps cellulosiques.

5° La potasse, qui gonfle si facilement les corps amylacés, n'agit pas sensiblement sur les composés cellulosiques, ou du moins ne les dissout que quand l'alcali est très concentré et qu'il représente presque de l'hydrate en fusion : il se produit dans ce cas de l'oxalate et de l'acétate de potasse, sans formation d'ulmate de potasse : c'est la vasculose qui, sous l'influence des alcalis, engendre l'ulmate brun.

6° Les corps cellulosiques sont attaqués lentement par le chlore et les hypochlorites.

7° L'acide azotique concentré qui agit si rapidement sur les corps cellulosiques pour former la pyroxyline, n'exerce sur eux qu'une action lente lorsqu'il est étendu d'eau.

8° L'acide chlorhydrique agit lentement sur les corps cellulosiques, il les hydrate et les change en une substance pulvérulente.

9° Les modifications que les corps cellulosiques éprouvent, sous l'influence de l'acide sulfurique, les caractérisent d'une manière très nette.

Les corps cellulosiques soumis à l'action d'un excès d'acide sulfurique concentré se dissolvent sans coloration dans ce réactif; ils se changent d'abord en dextrine et ensuite en glucose.

Quand on désagrège lentement une substance cellulosique par de l'acide sulfurique bi-hydraté, on obtient d'abord une combinaison d'acide sulfurique et de corps organique qui peut être considérée comme un acide sulfo-organique et qui se combine aux bases.

Cet acide sulfo-organique est décomposé par l'eau et donne un corps gélatineux qui se colore en bleu par l'iode : cette combinaison iodée ne peut pas être confondue avec l'iodure d'amidon, car elle se décompose immédiatement dans l'eau en perdant sa coloration.

L'acide sulfurique, étendu d'une certaine quantité d'eau, transforme, comme on le sait, la cellulose en un tissu tenace que l'on nomme parchemin végétal.

En soumettant comparativement les corps cellulosiques à l'action des réactifs que je viens de faire connaître, on trouve des différences

qui m'ont fait admettre l'existence, dans les végétaux, de plusieurs sortes de cellulose.

Dans un travail publié en collaboration avec M. Urbain, j'ai étudié les deux principaux corps cellulosiques, qui sont la paracellulose et la métacellulose : je donnerai ici leurs caractères distinctifs.

PARACELLULOSE ET MÉTACELLULOSE

La Paracellulose offre une grande analogie avec la cellulose de Payen, mais elle en diffère par son insolubilité dans le réactif ammoniaco-cuivrique.

Cette substance ne présente pas la matière cellulosique dans un état de grande stabilité, car sous l'influence de différents réactifs et surtout par l'action des acides, la paracellulose se transforme en cellulose et devient alors soluble dans le réactif cuivrique.

La paracellulose accompagne souvent la cellulose dans le tissu des végétaux : elle forme en partie les tissus utriculaires de certaines

racines et les cellules épidermiques des feuilles.

La Métacellulose ne peut être confondue ni avec la cellulose, ni avec la paracellulose, car elle reste insoluble dans le réactif ammoniaco-cuivrique, même après l'action des acides.

En faisant agir sur un tissu ligneux le réactif ammoniaco-cuivrique, et ensuite un acide, on peut donc établir des distinctions entre la cellulose, la paracellulose et la métacellulose.

C'est la métacellulose qui constitue, principalement les tissus des champignons et ceux des lichens.

FIBROSE

Les matières cellulosiques constituent, pour la plus grande partie, les cellules et les fibres des végétaux.

Celles qui forment les cellules sont la cellulose, la paracellulose et la métacellulose.

J'ai cru devoir donner un nom spécial à la

matière qui constitue les fibres textiles des végétaux; je l'ai nommée *Fibrose*.

Au point de vue chimique, la fibrose ressemble beaucoup à la cellulose, mais elle s'en écarte par un certain nombre de caractères physiques tels que la ténacité et l'aspect soyeux.

Les réactifs qui modifient rapidement la cellulose, agissent avec plus de lenteur sur la fibrose.

Je ne parlerai pas ici de la préparation de la fibrose pure, parce que je traiterai cette question avec détail en décrivant la purification des fibres de ramie.

Si la cellulose, la paracellulose et la métacellulose n'offrent pas un grand intérêt au point de vue industriel, il n'en est pas de même de la fibrose, qui est la base réelle de l'industrie des textiles végétaux.

Au début de mes recherches, je pensais que la partie fibreuse des écorces végétales présentait des propriétés variant avec la nature de la plante qui la produisait, et qu'il fallait se garder de confondre les fibres de ramie avec celles du lin, du chanvre, du jute, etc.

Des études ultérieures devaient modifier complètement mes premières opinions : ayant trouvé en effet des corps assez actifs pour purifier complètement les fibres végétales et les débarrasser des ciments qui les lient entre elles, j'ai reconnu que les principales fibres, telles que celles de la ramie, du lin et du chanvre, avaient exactement la même composition et les mêmes propriétés, lorsqu'elles étaient soumises à une purification complète.

C'est ainsi que j'ai été conduit à désigner sous le même nom de *Fibrose*, la substance fibreuse qui se trouve dans l'écorce des plantes textiles.

J'attache, je l'avoue, une importance réelle à ce rapprochement : c'est lui en effet qui m'a guidé dans tous mes essais sur la purification des fibres végétales, en me montrant que les différences constatées d'abord dans les propriétés des fibres, étaient dues à des purifications incomplètes.

C'est lui aussi qui prouvera aux fabricants que leurs procédés d'épuration des fibres élé-

mentaires doivent être poussés jusqu'au point où la fibrose est entièrement débarrassée des substances étrangères qui la souillent.

D'après mes recherches, la fibrose ne doit être considérée comme absolument pure que lorsqu'elle se dissout dans l'acide sulfurique concentré sans colorer la liqueur et sans laisser de résidu.

SUBSTANCES QUI CONSTITUENT LE CIMENT DES FIBRES ET DES CELLULES

A côté des substances cellulosiques qui forment principalement les cellules et les fibres des végétaux, se trouvent une série de corps que j'ai découverts et qui jouent un grand rôle dans la préparation des fibres textiles, car ce sont eux qui soudent et relient entre elles les fibres et les cellules; ces ciments végétaux sont constitués par la vasculose, la cutose, la pectose et ses dérivés.

Je rappellerai ici leurs principaux caractères.

VASCULOSE

La substance que j'ai découverte dans le tissu ligneux et que j'ai désignée sous le nom de *Vasculose*, est une des matières les plus intéressantes de l'organisation végétale : la vasculose est très abondante dans les tissus des végétaux ; elle accompagne ordinairement les corps cellulosiques et forme en partie les vaisseaux et les trachées.

J'ai démontré, dans mon premier mémoire, que la vasculose ne pouvait pas être confondue avec les corps cellulosiques ; elle en diffère par sa composition et ses propriétés ; elle contient plus de charbon et moins d'hydrogène que les corps cellulosiques.

La vasculose est insoluble dans l'acide sulfurique bi-hydraté et dans le réactif cuivrique ; elle se dissout dans les liqueurs alcalines sous l'influence de la pression ; elle est attaquée par tous les agents d'oxydation, tels que l'eau de chlore, les hypochlorites, l'acide azotique.

l'acide chlorique, l'acide chromique, les permanganates, l'eau oxygénée, les bisulfites alcalins et alcalino-terreux, etc. C'est la vasculose qui, associée aux corps cellulosiques et à la cutose, relie entre elles les fibres des végétaux; elle leur donne de la rigidité et de la dureté.

Dans la préparation des fibres de lin, de chanvre, de ramie, lorsqu'on veut obtenir un produit brillant et soyeux, il faut donc faire usage de réactifs, tels que les alcalis sous pression, les savons alcalins, les bisulfites, qui dissolvent la vasculose sans altérer les corps cellulosiques.

La partie du bois qui donne, par la distillation, de l'alcool méthylique, est principalement la vasculose.

J'ai complété l'étude de la vasculose dans un second mémoire que j'ai publié en collaboration avec M. Urbain.

Il résulte de ces recherches que la vasculose, qui est répandue dans toute l'organisation végétale, est surtout abondante dans les parties des végétaux qui présentent de la résistance et

de la dureté : elle existe en plus grande proportion dans les bois durs que dans les bois tendres: le bois de peuplier n'en contient que 18 pour 100, tandis que nous en avons trouvé 34 pour 100 dans le buis, 35 pour 100 dans l'ébène, 36 pour 100 dans le bois de gaïac, 40 pour 100 dans le bois de fer; on trouve dans les concrétions pierreuses des poires, dans les endocarpes de la noix, de la noisette, de l'abricot, de la pêche et de la noix de coco, souvent plus de 60 pour 100 de vasculose.

La vasculose est donc un des éléments les plus importants des tissus ligneux que l'on avait en quelque sorte méconnu avant mes recherches.

En faisant agir sur les différents bois un des réactifs qui dissolvent les corps cellulosiques, on peut obtenir la vasculose pure.

C'est la vasculose qui, en se décomposant par la chaleur, produit l'esprit de bois : les fabricants d'esprit de bois, devront donc, dans leur préparation, donner la préférence aux bois durs qui sont riches en vasculose.

CUTOSE

Dans mes premières recherches sur les tissus des végétaux, j'ai découvert une substance nouvelle à laquelle j'ai donné le nom de *cutose*.

J'ai complété l'étude de la cutose, dans un second travail que j'ai publié en collaboration avec M. Urbain.

La cutose forme la membrane fine et transparente qui recouvre et protège les organes aériens des végétaux; c'est elle aussi qui relie entre elles les parties fibreuses des plantes et en forme des faisceaux.

Pour obtenir la cutose on peut opérer sur l'épiderme des feuilles : lorsqu'on fait macérer des feuilles dans l'eau à une température de 35°, leur parenchyme s'altère, et au bout de quinze jours, il est facile de séparer mécaniquement, d'une part les fibres et les vaisseaux qui constituent en quelque sorte la charpente de la feuille et de l'autre la membrane épidermique qui contient la cutose.

On peut arriver plus rapidement au même résultat par un procédé chimique qui consiste à plonger, pendant quelques minutes, les feuilles dans de l'acide chlorhydrique bouillant; cet acide opère la séparation de l'épiderme qui recouvre les fibres et les vaisseaux.

L'épiderme est recouvert de corps gras et résineux qu'on dissout dans l'alcool et l'éther : viennent ensuite deux membranes qui sont soudées l'une à l'autre : la première est à base de paracellulose qui devient soluble dans le réactif ammoniaco-cuivrique après l'action des acides; l'autre est formée par la cutose que l'on obtient ainsi à l'état de pureté.

La cutose jouit des propriétes suivantes : elle est d'une grande stabilité, car elle résiste à l'action des réactifs énergiques tels que l'acide sulfurique tri-hydraté, l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque.

La cutose est attaquée rapidement par l'acide azotique et produit, dans ce cas, d'abord des acides résineux, et en dernier lieu de l'acide subérique.

Les dissolutions alcalines étendues et les car-

bonates alcalins ne réagissent que lentement sur la cutose; mais par une ébullition prolongée, la potasse, la soude, la baryte, la chaux, changent la cutose en deux acides comparables aux acides gras : l'un est solide, nous l'avons nommé *stéaro-cutique;* l'autre est liquide, nous l'appelons *oléo-cutique.*

Nous renvoyons à nos mémoires spéciaux, pour l'étude intéressante des autres propriétés chimiques de la cutose, qui, par sa composition et ses caractères, se rapproche des corps gras.

SUBSTANCES GÉLATINEUSES DES VÉGÉTAUX

J'ai étudié, sous le nom de substances gélatineuses des végétaux, une série de corps qui se rencontrent en abondance dans certains tissus ligneux et qui donnent naissance aux gelées végétales.

Les substances gélatineuses que j'ai décrites dans mes mémoires sont la pectose, la pectine, la parapectine, la métapectine, l'acide pecto-

sique, l'acide pectique, l'acide parapectique et l'acide métapectique.

Ces matières jouent un rôle assez important dans la fabrication et dans le raffinage du sucre; elles interviennent également dans la purification des fibres de lin, de chanvre et de ramie.

Elles forment en partie le *ciment végétal* qui relie entre elles les fibres et les cellules.

L'étude de ces substances gélatineuses intéresse donc les opérations industrielles que je décrirai plus loin.

Je résumerai ici leurs principaux caractères.

PECTOSE

J'ai désigné sous le nom de *pectose* une substance insoluble dans l'eau, dans l'alcool et dans l'éther, qui se trouve dans presque tous les tissus ligneux.

La pectose existe principalement dans les pulpes des fruits verts, et dans certaines racines telles que les carottes, les navets, les betteraves;

on la trouve également dans les tissus fibreux et utriculaires.

Cette substance s'altère très facilement soit par l'action des acides, soit par celle des bases alcalines et alcalino-terreuses ou sous l'influence de certains ferments : c'est elle qui produit, en se modifiant, les gelées végétales, et le principe gommeux de plusieurs fruits.

Je n'ai jamais pu isoler, à l'état de pureté, la substance que j'ai désignée sous le nom de *pectose;* mais je l'ai caractérisée par les dérivés qu'elle produit.

Le premier de ces dérivés est la *pectine*.

PECTINE

La pectine, qui est une substance soluble et gommeuse, ne préexiste pas dans les tissus des végétaux; elle provient de la modification de la pectose par l'action des acides, même les plus faibles.

Lorsqu'on fait bouillir dans l'eau, pendant quelques instants, les pulpes d'un fruit tel que

la pomme, la poire, la pêche, l'abricot, la prune, on voit bientôt apparaître dans le suc du fruit, la pectine gommeuse qui se produit aux dépens de la pectose modifiée par l'action de l'acide que le fruit contient.

Si le suc du fruit n'était pas acide, comme je l'ai souvent constaté, la pectine ne se produirait pas pendant la cuisson du fruit.

La pectine est soluble dans l'eau, incristallisable et insoluble dans l'alcool, qui la précipite immédiatement de ses dissolutions aqueuses; elle se modifie par l'action des alcalis et celle des ferments.

ACIDES GÉLATINEUX PRODUITS PAR LA PECTINE

J'ai constaté que la pectine pouvait se transformer en une série d'acides gélatineux.

Parmi les nombreuses modifications que la pectine peut éprouver par l'action des réactifs, la plus intéressante est celle que j'ai décrite sous le nom de *fermentation pectique*.

J'ai reconnu que, dans presque tous les tissus qui contiennent de la pectose, il existe en même temps un ferment spécial que j'ai nommé *pectase* qui peut, en présence des acides des fruits, transformer la pectose d'abord en pectine et changer ensuite cette pectine, qui est soluble, en acides gélatineux qui sont insolubles dans l'eau.

Ce sont ces phénomènes qui rendent compte de la production des gelées végétales.

Quand on fait bouillir, dans de l'eau, des pulpes de pommes, c'est l'acide malique contenu dans la pomme qui change d'abord la pectose insoluble en pectine soluble : ensuite le ferment du fruit, la pectase, agit lentement sur la pectine qu'il transforme en acides gélatineux.

C'est ainsi que les pulpes d'un fruit acide que l'on fait bouillir dans l'eau, donnent d'abord une liqueur gommeuse contenant de la pectine et ensuite des acides qui font prendre, par le refroidissement, le suc en gelée.

ACIDES SOLUBLES DANS L'EAU DÉRIVÉS DE LA PECTOSE

La pectose, en se modifiant, ne produit pas seulement une substance gommeuse qui est la pectine et ensuite une série de corps gélatineux; elle peut encore engendrer plusieurs acides énergiques solubles dans l'eau et comparables à l'acide malique ou à l'acide tartrique.

Ces transformations s'opèrent par l'action prolongée des acides, des alcalis et des ferments; j'ai donné, à ces acides dérivés de la pectose, les noms d'*acides métapectiques*.

J'ai eu souvent l'occasion d'appeler l'attention des fabricants de sucre sur les modifications des corps gélatineux; elles expliquent certains accidents que présentent leurs opérations. En effet l'acide métapectique rend le sucre incristallisable et les métapectates, tels que ceux de chaux, de potasse et de soude, s'opposent à la cristallisation du sucre.

Les caractères des substances gélatineuses

des végétaux doivent donc être pris en considération dans plusieurs opérations industrielles.

ÉLIMINATION DES CORPS QUI RELIENT ENTRE ELLES LES FIBRES ET LES CELLULES

Après avoir constaté que les fibres et les cellules étaient reliées entre elles par la pectose, la cutose et la vasculose, j'ai reconnu qu'en faisant entrer ces trois corps en dissolution, les cellules et les fibres étaient mises en liberté.

Cette observation devenait la base de la purification des fibres végétales.

Pour obtenir les fibres pures, je n'avais en effet qu'à faire agir, sur l'écorce, les agents chimiques qui désorganisent ou dissolvent les ciments organiques.

Les trois corps qui forment les ciments des tissus végétaux sont différemment attaqués par les réactifs chimiques et exigent, pour leur désagrégation, des agents dont la force varie avec la nature du ciment que l'on veut détruire.

Le ciment le plus attaquable est celui qui a pour base la pectose ; cette substance se change en pectine soluble dans l'eau, par l'action des acides ou par celle des ferments : elle se dissout également dans des liqueurs alcalines bouillantes qui ne contiennent que des traces de carbonate de soude.

Aussi lorsque je veux séparer deux tissus qui ne sont soudés entre eux que par de la pectose, c'est la dissolution bouillante de carbonate de soude que j'emploie de préférence.

C'est également le carbonate de soude qui me sert à dégommer les fibres de certaines ramies qui sont réunies entre elles par de la pectose.

Mais lorsque le ciment végétal est formé à la fois par de la pectose et de la cutose, il faut avoir recours à un agent plus énergique que le carbonate de soude ; je fais usage alors de la dissolution bouillante soit de soude caustique, soit d'oléate de soude fortement alcalin.

Lorsque le ciment est à base de vasculose, sa désagrégation devient encore plus difficile : ce corps se dissout surtout par l'action de réactifs tels que la dissolution bouillante de soude caus-

tique employée sous pression, ou sous l'influence des bi-sulfites et des hypochlorites.

En choisissant convenablement les réactifs que je viens d'indiquer, on peut donc retirer des différentes plantes textiles les fibres absolument pures : en opérant un dégommage incomplet, on peut aussi produire des fibres moins soyeuses que les premières, mais très résistantes et qui conviennent à certaines applications.

CONSTITUTION CHIMIQUE DE LA CHLOROPHYLLE

Les tissus des végétaux contiennent souvent des quantités notables de cette matière verte qui est abondante dans les feuilles et que l'on nomme la *chlorophylle*.

Dans la purification des fibres corticales, ayant souvent à éliminer la chlorophylle qui se trouve dans l'écorce, j'ai dû faire l'étude de cette substance si intéressante au point de vue physiologique et dont la composition n'était pas encore connue.

Mes recherches ont été publiées dans plusieurs mémoires que j'ai lus à l'Académie.

Il résulte de mes dernières observations que la substance verte des végétaux est un mélange d'une substance jaune cristallisée que j'ai nommée la *phylloxanthine* et d'un sel vert résultant de la combinaison de la potasse avec un acide nouveau que j'ai appelé *acide phyllocyanique*. Dans la purification des fibres corticales, la chlorophylle peut être facilement éliminée par une dissolution bouillante d'oléate de soude très alcalin.

Tel est le résumé des recherches scientifiques que j'ai entreprises sur la constitution chimique du tissu des végétaux.

Elles démontrent que les fibres corticales d'un grand nombre de plantes, sont formées par une substance unique, blanche, résistante, soyeuse, soluble dans l'acide sulfurique concentré sans colorer la liqueur, et que j'ai nommée la *fibrose*.

Cette fibrose, retirée soit du lin, soit du chanvre, soit de la ramie, soit du jute, présente toujours les mêmes propriétés; l'œil le plus exercé ne trouve souvent aucune différence entre ces substances fibreuses, lorsqu'elles ont été soumises à une purification suffisante.

Les différences que ces fibres présentent dans l'industrie, sont dues uniquement à des purifications incomplètes.

La fibrose ne se trouve jamais, à l'état isolé, dans l'organisation végétale; elle est toujours cimentée et enchâssée par un tissu qui est à base de pectose, de cutose et de vasculose.

L'industrie des fibres textiles d'origine végétale a pour but de dissoudre ou de désorganiser les trois corps qui cimentent la fibrose.

Les agents de dissolution de ces ciments organiques sont en général des alcalis ; il faut les employer dans des conditions qui varient avec la nature du végétal que l'on traite, pour ne pas altérer les propriétés précieuses de la fibrose.

C'est la réalisation de ces conditions qui constituera le mérite du fabricant et qui assu-

rera son succès : les considérations scientifiques que j'ai rappelées précédemment pourront, je crois, lui être d'une grande utilité.

Le traitement industriel d'une plante textile devra toujours être précédé d'une analyse basée sur les principes que j'ai posés.

L'énergie du dissolvant alcalin devra être proportionnée à la nature et à la quantité du ciment qu'il faut éliminer.

C'est ainsi que, suivant les circonstances, l'activité du dissolvant sera modifiée utilement soit par la chaleur ou la pression, soit par la saturation plus ou moins complète de l'alcali.

En un mot la chimie doit intervenir, avec sagacité, dans presque toutes les opérations qui se rapportent au traitement des fibres végétales : il faut enlever les ciments sans désorganiser la fibrose.

C'est ce fait capital que je vais faire ressortir, en prenant pour exemple la purification des fibres de ramie.

DEUXIÈME PARTIE

TRAITEMENT DE LA RAMIE

La France achète à l'Étranger des quantités énormes de fibres végétales textiles.

Les états de la douane établissent qu'en 1885 l'importation du coton en France représente une somme de 185 209 122 francs; celle du lin représente une somme de 61 008 409 francs; celle du chanvre représente une somme de 14 688 470 francs.

En présence d'importations aussi considérables, il est important de rechercher si la science, associée à l'agriculture et à l'industrie, ne pourrait pas délivrer en partie notre pays du tribut énorme qu'il paye à l'Étranger.

Pour le lin et le chanvre, je crois pouvoir affirmer qu'en perfectionnant les méthodes in-

suffisantes qui sont employées encore aujourd'hui dans la purification de ces deux textiles, il serait facile d'augmenter leur valeur et de leur créer des débouchés nouveaux.

Quant au coton, il me paraît possible de lui trouver en France un succédané; je veux parler de la ramie.

Avant d'aborder cette question, je présenterai d'abord quelques considérations générales sur la ramie, en les empruntant aux publications intéressantes de MM. Vétillart, Favier et Jean de Bray.

L'emploi des orties de Chine paraît être très ancien : on recevait déjà en Europe, au seizième siècle, des tissus fabriqués avec une ortie que l'on cultivait en Sibérie, en Chine et au Japon.

On sut plus tard que certains tissus blancs et soyeux venant de Chine, étaient fabriqués avec les fibres d'une urticée dont les feuilles se trouvaient couvertes en dessous d'un duvet blanc et nacré; ce caractère a fait donner à la plante le nom de *Urtica nivea*.

Les fibres de ramie sont remarquables par

leur aspect soyeux et surtout par leur ténacité.

Le gouvernement anglais fit exécuter, dans ses arsenaux, des expériences qui ne laissent aucun doute sur la ténacité des fibres de ramie : ces essais ont porté sur des faisceaux de filaments sans torsion et dans des conditions identiques de longueur et de poids. Les faisceaux étaient soumis à un dynamomètre et le point de rupture était noté.

Le chanvre de Russie a supporté avant de casser un poids de.	80	kilogr.
L'ortie de Chine ou China-grass. .	125	—
Le Rhea d'Annam cultivé.	160	—
Le Rhea sauvage.	171	—

D'autres essais ont démontré que le china-grass était trois fois plus fort que le chanvre. Des câbles de $0^{m},12$ de diamètre, composés de 132 fils, ont résisté à un poids de 10 000 kilogrammes; le chanvre de Russie placé dans les mêmes conditions supportait à peine la moitié de ce poids.

Ces expériences démontraient donc toutes les qualités des fibres de ramie au point de vue de leur ténacité.

Le docteur Roxburg, directeur du Jardin

d'acclimatation de Calcutta, démontra le premier toute l'importance de deux espèces d'orties de Chine qu'il désigna sous les noms de *Urtica nivea* et *Urtica utilis* ou *tenacissima*.

Vers 1815, André Thouin essaya d'introduire la culture de la ramie dans le midi de la France.

En 1844 Decaisne reçut au Muséum des graines et des branches de ramie apportées par MM. Itier, Hebert, de Lagrenée et Leclancher ; il démontra, dans une suite de travaux importants, que ces échantillons appartenaient à deux espèces distinctes; soit à l'*Urtica nivea*, soit à l'*Urtica utilis* ou *tenacissima* : l'*Urtica nivea* venait des climats tempérés; tandis que l'*Urtica utilis* était une plante des régions équatoriales.

Decaisne fit cultiver au Muséum d'histoire naturelle un grand nombre de pieds de ramie qui s'y trouvent encore aujourd'hui et en envoya aussi en Algérie. J'ai été témoin des efforts infructueux qui furent tentés, à cette époque, par mon ami Decaisne, pour attirer l'attention du gouvernement sur cette plante précieuse.

Les deux espèces de ramie qui présentent au

plus haut degré les qualités désirables sont l'*Urtica nivea* et l'*Urtica utilis*.

Urtica nivea.

L'*Urtica nivea* est une plante dicotylédone de la famille des Urticées; c'est une ortie sans dards; plusieurs botanistes l'ont classée dans un genre qu'ils désignent sous le nom de *Bœhmeria*.

Cette plante est originaire de la Chine; elle est vivace, c'est-à-dire que, contrairement au chanvre et au lin qu'il faut semer chaque année et dont les racines ne persistent pas, les racines de l'*urtica nivea* deviennent de plus en plus productives.

Chaque pied donne naissance à plusieurs tiges dont le nombre augmente à mesure que la racine se développe : ces tiges peuvent atteindre une hauteur de $1^{m},50$ à 4 mètres.

En Chine on cultive cette ortie dans des terrains frais, ombragés et voisins des rizières.

Une terre sablonneuse et légère est la plus recherchée pour cette culture.

En Chine on fait en général trois récoltes

de ramie par an : vers le commencement du cinquième mois on fait la première récolte ; la seconde au milieu du sixième mois et la troisième au commencement du neuvième mois.

Les Chinois emploient la méthode suivante pour retirer les fibres de la ramie.

Les plantes sont utilisées à l'état vert : l'ouvrier détache l'écorce à la main en faisant une incision soit à la base, soit au milieu de la tige et en lui faisant subir une torsion qui rend l'écorce détachable de la partie ligneuse. On obtient ainsi des lanières qui sont séparées de l'épiderme au moyen d'un instrument en fer, puis séchées au soleil.

L'*urtica nivea* est une plante des climats tempérés ; elle peut résister en pleine terre par les plus grands froids, sous la latitude de Paris.

Urtica utilis ou *tenacissima*.

Cette plante est originaire des îles de la Sonde, elle est cultivée comme la *nivea* et donne facilement jusqu'à quatre ou cinq récoltes par an.

Sous l'influence d'un climat chaud et humide

la végétation de cette ramie est très puissante.

A Java on coupe les tiges à quelques centimètres du sol lorsqu'elles ont atteint une hauteur de 1m,25 à 1m,50. De nouvelles tiges repoussent immédiatement des racines plus vigoureuses et plus nombreuses que les premières. L'expérience a prouvé qu'il convient de couper les tiges avant la floraison et avant leur complète maturité, pour avoir des fibres fines et douces.

On pouvait craindre que la culture de cette espèce de ramie, plante originaire des pays intertropicaux, ne fût pas possible en Europe. Il n'en est rien : de nombreux essais ont prouvé que cette plante peut prospérer dans le bassin de la Méditerranée. L'*urtica utilis* se distingue facilement de la *nivea*; ses feuilles sont plus grandes et grisâtres en dessous; tandis que les feuilles de la *nivea* sont blanches en dessous.

En outre les fibres que donne l'*utilis* sont plus abondantes et plus fines que celles de la *nivea*.

CULTURE DE LA RAMIE

On possède sur la culture de la ramie un certain nombre de documents que je résumerai ici :

On ne sème pas la ramie en Chine ; on la plante à peu près comme la canne à sucre.

Après avoir préparé le terrain par un bon labour, vers la fin de février, on va chercher les plants dans un terrain anciennement cultivé en ramie : on emploie à cet égard la racine charnue de la plante coupée en morceaux : on place ces morceaux à $0^m,05$ de profondeur et à la distance de $0^m,20$. L'entretien du terrain consiste dans un sarclage qu'il faut donner chaque mois, à l'exception des mois de décembre et de janvier : un peu d'engrais est utile pour le développement de la plante.

On n'arrache pas la tige, on la coupe à ras de terre : on ne la rouit pas et on ne la teille pas. L'écorce est enlevée par les procédés que nous avons décrits ; les feuilles restent sur la terre et

lui servent d'engrais : la partie ligneuse est employée pour faire des allumettes.

On coupe les tiges dès que l'épiderme prend une couleur d'un brun foncé : en faisant quatre coupes par an on reconnaît que la première coupe donne quatre tiges, la seconde six à huit, la troisième dix à douze, la quatrième seize à vingt.

L'ortie blanche est très robuste et résiste aux hivers les plus rigoureux.

L'*utilis* peut croître facilement dans le midi de la France, en Corse et en Algérie.

La ramie croît même dans les terrains médiocres.

Les terres riches, légères, un peu sablonneuses et facilement arrosables sont celles qui conviennent le mieux à la ramie.

Le sous-sol doit être perméable, car la ramie redoute les terrains marécageux.

Le moyen le plus simple et le plus pratique pour reproduire la ramie consiste à employer les rhizomes ou fragments de racine.

On peut cependant reproduire la ramie par graines, boutures ou marcottes ; mais ces moyens

sont moins sûrs que par l'emploi des rhizomes.

La ramie résiste à une sécheresse prolongée ; mais alors sa végétation devient languissante : on peut dire que la pousse des tiges n'a lieu que pendant la saison des pluies.

Aussi il est souvent utile d'avoir recours à des arrosages au moment des grandes chaleurs.

La ramie peut être considérée comme une plante peu épuisante : cependant les engrais employés, surtout à l'état liquide, au printemps et après chaque récolte, facilitent beaucoup le développement de la plante.

La première année de culture de la ramie exige quelques sarclages autour des jeunes plants pour les débarrasser des mauvaises herbes; ensuite il suffit de donner au printemps un premier trait de charrue entre les lignes, pour nettoyer les rigoles d'irrigation, et un second à l'automne.

RENDEMENT DE LA RAMIE

D'après M. Hardy, une plantation de ramie faite au jardin d'Essai près d'Alger, âgée de plus d'une année et dont les tiges ont atteint une hauteur de 2 mètres, donnerait à l'hectare 60000 kilogrammes de tiges vertes avec leurs feuilles : les feuilles entreraient dans ce poids pour 25500 kilogrammes et les tiges pour 34500, qui se réduiraient par la dessiccation à 6125 kilogrammes et qui en donneraient environ 1750 de lanières.

M. Hardy admet que l'on peut obtenir en Algérie deux coupes semblables ; ce qui porterait le rendement d'un hectare à 12250 kilogrammes de tiges sèches et 3500 kilogrammes de lanières.

La valeur des fibres de ramie varie avec leur qualité : le China-grass venant de la Chine ou de l'Inde se vend environ 1 fr. 10 le kilog.

APPLICATION INDUSTRIELLE
de mes recherches chimiques sur les tissus des végétaux.

Quelques mois après la publication de mes recherches sur la composition chimique du squelette des végétaux, je fus assez heureux pour me trouver en relation avec M. Barbe, qui avait été un de mes élèves de l'École Polytechnique et qui est aujourd'hui un de nos Ingénieurs les plus distingués.

M. Barbe avait compris depuis longtemps toute l'importance que l'exploitation de la ramie pouvait présenter pour la France.

Il avait fait cultiver de la ramie dans différentes localités, et il était persuadé que mes travaux sur les tissus des végétaux pourraient servir à résoudre quelques-unes des difficultés, qui arrêtent encore l'utilisation de la ramie.

Connaissant les conditions à remplir pour le développement d'une industrie nouvelle, M. Barbe mettait à ma disposition toutes les facilités que les savants rencontrent bien rare-

ment, lorsqu'ils veulent transporter dans l'industrie leurs recherches de laboratoire.

C'est dans ces conditions que j'ai essayé d'appliquer au traitement de la ramie mes études scientifiques sur les tissus des végétaux.

J'ai entrepris ces essais avec la collaboration de deux chimistes distingués, MM. Urbain et Alfroy.

La culture fournit à l'industrie la ramie sous des formes différentes, qui sont :

1° Les tiges de ramie vertes ou sèches;

2° Les écorces de ramie, provenant de la décortication des tiges et qui sont connues sous le nom de *lanières;*

3° Le liber de l'écorce débarrassé de l'épiderme, que l'on prépare en Chine ou dans l'Inde, et que l'on appelle le *China-grass*.

J'ai étudié successivement les méthodes que l'on pouvait employer, selon moi, pour retirer des fibres résistantes et soyeuses, soit des tiges de ramie vertes ou sèches, soit des lanières, soit du liber de l'écorce.

Je vais décrire ces différentes méthodes, et je ferai connaître ensuite le procédé qui me

paraît convenir le mieux à la préparation des fibres de ramie.

C'est l'écorce, c'est-à-dire la lanière que j'ai soumise à mes premiers essais. Je dirai d'abord comment on opère la décortication des tiges de ramie.

DÉCORTICATION DES TIGES DE LA RAMIE

Cette question a préoccupé depuis longtemps des mécaniciens habiles, qui ont fait tous leurs efforts pour produire avec économie, au moyen des machines, l'écorce de ramie, c'est-à-dire la lanière, et pour la séparer du bois, sans perdre une quantité notable de substance fibreuse et surtout sans altérer sa résistance.

Les essais continuent; je n'ai aucune autorité pour les juger; mais la pratique nous dira bientôt si le problème de la décortication mécanique est réellement résolu, comme plusieurs inventeurs l'affirment.

M. Favier, ancien élève de l'École polytechnique, dans ses travaux sur la décortication de la ramie, a suivi une voie toute différente de

celle que ses prédécesseurs avaient adoptée. Son but a été de séparer rapidement et économiquement la partie ligneuse de son enveloppe corticale : il a cherché un procédé assez facile pour être mis en œuvre par un personnel peu exercé; assez simple pour ne pas exiger des appareils plus compliqués que ceux qui forment le matériel ordinaire des exploitations agricoles.

L'appareil employé par M. Favier se compose essentiellement, pour les exploitations qui ne possèdent pas de locomobile, d'une chaudière d'un volume assez faible pour être facilement transportable ; cette chaudière est tubulaire ou du système Belleville, par exemple, et présente un grand foyer pour brûler les chènevottes. Des tuyaux conduisent la vapeur dans de grandes caisses en bois, dans lesquelles on place les tiges à mesure qu'on les coupe : il faut employer au moins trois caisses. Dès que la vapeur sort par les joints de la caisse, l'opération est terminée si la ramie vient d'être coupée, mais il faut prolonger son action proportionnellement au temps écoulé depuis la coupe, si la

récolte remonte à plusieurs jours. Après avoir été soumises à l'action de la vapeur, les tiges sont données à des enfants qui séparent à la main, avec la plus grande facilité, l'écorce de la chènevotte. Un enfant de dix ans peut facilement décortiquer dans sa journée 500 kilogrammes de tiges vertes de ramie.

DÉTERMINATION DES ÉLÉMENTS QUI CONSTITUENT LES LANIÈRES DE RAMIE

Pour arrêter le mode de traitement que j'avais à suivre dans le traitement des lanières de ramie, le premier point était de déterminer, par l'analyse chimique, la nature des éléments qui les constituent.

Ce problème, qui autrefois aurait présenté de grandes difficultés, peut être résolu aujourd'hui en faisant usage des méthodes que j'ai décrites dans mes recherches sur les tissus ligneux.

Il résulte de mes observations que les principaux tissus des végétaux sont constitués par

l'association organique des corps cellulosiques, de la vasculose, de la cutose, de la pectose et de ses dérivés, des substances azotées et des matières minérales diverses.

J'ai retrouvé tous ces éléments dans les lanières de ramie en employant les réactifs suivants :

L'acide chlorhydrique étendu et froid, qui décompose le pectate de chaux et met en liberté l'acide pectique ;

L'acide chlorhydrique étendu et bouillant, qui transforme la pectose en pectine que l'on précipite par l'alcool ;

Le réactif ammoniaco-cuivrique, qui dissout la cellulose ;

L'acide chlorhydrique bouillant, qui rend la paracellulose soluble dans le réactif cuivrique.

L'acide sulfurique bi-hydraté, qui dissout les corps cellulosiques sans colorer la liqueur ;

La potasse étendue et bouillante, qui dissout la cutose ;

La potasse, agissant sous pression, qui opère la dissolution de la vasculose ;

L'acide azotique étendu, le chlore, les hypo-

chlorites qui rendent la vasculose soluble dans les dissolutions alcalines.

C'est cette méthode d'analyse qui m'a permis d'isoler et de caractériser les principes organiques qui se trouvent dans les lanières de ramie.

Cette première question étant résolue, il s'agissait de rechercher comment ces éléments étaient répartis dans la lanière de ramie, c'est-à-dire dans l'écorce.

On peut dire que la lanière de ramie est essentiellement formée de deux parties : l'*épiderme* et le *liber*.

Ces deux tissus se trouvent reliés entre eux par une sorte de *ciment végétal*.

J'avais donc à déterminer la composition de ces trois parties principales des lanières qui sont l'épiderme, le liber et le ciment végétal.

CONSTITUTION CHIMIQUE DE L'ÉPIDERME

La composition de la membrane épidermique est assez complexe.

En employant les réactifs cités précédemment, j'ai constaté d'abord, dans l'épiderme, l'existence de membranes à base de corps cellulosiques caractérisés par leur solubilité, sans coloration, dans l'acide sulfurique bi-hydraté.

A côté des membranes cellulosiques se trouvent des cellules subéreuses bien reconnaissables aux caractères établis dans des recherches précédentes.

Les cellules subéreuses sont formées par l'association organique de trois substances qui sont les corps cellulosiques, la cutose et la vasculose.

Les cellules de l'épiderme sont reliées entre elles principalement par la pectose et la cutose; aussi en dissolvant ces deux éléments par des dissolutions alcalines, on opère immédiatement la désagrégation de l'épiderme.

Les cellules épidermiques contiennent dans leur intérieur les substances les plus diverses, telles que des matières colorantes, les corps albumineux, du tannin, des sels minéraux et organiques, de la chlorophylle, etc.

Au point de vue de l'industrie, l'épiderme de la ramie ne présente pas d'intérêt, car les fibres sont concentrées dans le liber : seulement l'épiderme, une fois désagrégé et séparé des fibres, peut être employé dans l'agriculture comme engrais, car il contient de l'azote et des substances organiques ou minérales utiles à la végétation.

J'ai dû cependant étudier l'action des réactifs qui opèrent la désagrégation de l'épiderme de ramie, parce que, dans certains cas, il peut être utile de désorganiser l'épiderme pour le séparer des fibres.

CONSTITUTION CHIMIQUE DU LIBER

La seconde partie de l'écorce est, comme je l'ai dit, le liber.

L'étude chimique du liber était le point capital de mon travail, puisque c'est dans cette partie de la plante que se trouvent les fibres de l'écorce.

J'ai cherché d'abord à préparer le liber,

aussi pur que possible, c'est-à-dire débarrassé de l'épiderme. Il est résulté de mes recherches que le ciment végétal qui s'oppose à la séparation des deux membranes a pour base la pectose et la cutose.

En effet tous les agents qui dissolvent ces deux corps opèrent immédiatement la séparation de l'épiderme.

Le procédé qui m'a donné les meilleurs résultats consiste à exposer, pendant quelques minutes seulement, des tiges de ramie dans un autoclave donnant deux atmosphères de pression, à l'action d'une liqueur qui contient $\frac{1}{1000}$ de carbonate de soude.

Sous cette influence, la cutose et la pectose se dissolvent ou se désagrègent, et alors, par la plus légère pression, on enlève entièrement l'épiderme.

Il reste sur le bois, le liber, qui se détache facilement à la main.

On peut arriver au même résultat, à l'air libre, sans employer l'autoclave, mais en remplaçant, dans le traitement, le carbonate de soude par la soude caustique.

Le liber ainsi obtenu présente l'aspect d'une membrane cornée, transparente et d'une grande résistance.

Elle est formée par des faisceaux fibreux reliés entre eux par un ciment organique.

Ce ciment n'est pas seulement, comme dans l'épiderme, un mélange de pectose et de cutose, mais il contient aussi de la vasculose.

C'est la séparation complète de ces trois corps qui constitue le traitement véritable de la ramie : on comprend que j'ai dû donner tous mes soins à cette question.

Le liber, une fois séparé de l'épiderme, est devenu inaltérable : il n'en est pas de même lorsqu'il est associé à la membrane épidermique.

Il existe en effet, dans la partie vivante de l'écorce, des ferments qui, sous l'influence de la chaleur et de l'humidité, agissent rapidement sur les fibres du liber et détruisent complètement leur ténacité.

En quelques jours cette modification peut être produite et altérer complètement des lanières qui étaient d'abord d'une grande résistance.

Dans le traitement de la ramie qui est basé sur l'emploi des lanières, je ne saurais donc trop recommander de séparer le plus tôt possible l'épiderme d'avec le liber; l'extraction des fibres devient alors facile et l'on évite ainsi leur altération.

On résumant ce que j'ai dit sur la constitution des lanières de ramie, on voit que ces lanières sont formées d'abord par la superposition de deux membranes, l'épiderme et le liber, reliées entre elles par un ciment, à base de pectose, que les carbonates alcalins dissolvent facilement.

L'épiderme contient des cellules faciles à désagréger par les alcalis.

Le liber est composé de fibres cimentées entre elles par un mélange des pectose, de cutose et de vasculose.

La composition chimique des lanières étant une fois déterminée, il était facile d'arrêter la marche à suivre pour en retirer des fibres pures.

TRAITEMENT CHIMIQUE DES LANIÈRES

En soumettant à l'analyse des lanières de provenances différentes, j'ai reconnu qu'elles contenaient des quantités d'épiderme éminemment variables.

Des lanières venant des environs de Bordeaux ou d'Algérie ont donné souvent à l'analyse plus de 30 pour 100 d'épiderme; tandis que des lanières venant de l'Inde ou d'Égypte n'en présentaient que des quantités insignifiantes.

Les procédés de traitement et d'épuration de ces lanières devaient nécessairement varier avec leur composition chimique.

J'ai donc à faire connaître ici les méthodes qui conviennent au traitement des lanières qui sont riches ou pauvres en épiderme.

Je choisirai, comme exemple de lanières riches en épiderme, celles qui viennent d'Algérie.

Les industriels devront, dans leur traitement, donner la préférence aux lanières qui présentent des couches minces d'épiderme : aussi

est-il presque toujours utile d'analyser les lanières avant de les soumettre aux opérations chimiques : les méthodes d'analyse que j'ai données permettent de régler les opérations.

Les agents chimiques qui me servent principalement dans le traitement des lanières sont : la soude caustique, le carbonate de soude, le savon, l'oléate de soude, les hypochlorites, l'acide chlorhydrique.

La proportion de ces réactifs et l'ordre dans lequel ils sont employés varient avec la nature et la quantité de ciment organique qu'il s'agit d'enlever.

En agissant sur des lanières brunes, dures et recouvertes d'une couche épaisse d'épiderme, j'ai souvent trouvé de l'avantage à laisser tremper pendant douze heures ces lanières dans un bain d'acide chlorhydrique étendu, qui agit principalement sur les sels de chaux et qui les dissout : j'ai constaté jusqu'à 10 pour 100 de sels calcaires dans certaines lanières venant d'Algérie.

Si la couche d'épiderme est peu épaisse, comme cela se présente pour des lanières ve-

nant d'Égypte ou de l'Inde, le bain d'acide chlorhydrique n'est plus utile.

Les lanières sont alors soumises, à deux reprises différentes, dans un autoclave produisant deux atmosphères de pression, à l'action d'une dissolution étendue de soude caustique : chaque opération dure quatre ou cinq heures, et est suivie d'un lavage fait d'abord avec de l'acide chlorhydrique étendu et ensuite à l'eau pure.

Le traitement se termine par une ébullition des fibres dans une eau savonneuse d'oléate de soude.

Après la première action de la soude caustique, les lanières sont désagrégées ; la pectose et la cutose sont en partie dissoutes ; la liqueur est colorée en brun, mais les fibres retiennent encore des quantités très notables d'épiderme.

A ce moment les fibres doivent être soumises à un lavage très énergique, opéré, si cela est possible, avec de l'eau agissant sous pression.

Cette opération a pour but d'enlever mécaniquement la plus grande partie de l'épiderme désagrégé mais retenu par les fibres.

Lorsque ce lavage est bien fait, le second trai-

tement par la soude caustique donne déjà des fibres dégommées et soyeuses.

Si cependant, dans les opérations que je viens de décrire, quelques parties d'épiderme ne se détachaient pas facilement des fibres, on pourrait placer entre les deux traitements à la soude caustique, une immersion des fibres, pendant quelques heures, dans un bain très étendu d'hypochlorite de soude.

Ce réactif, qui est un oxydant énergique, agit sur la cutose et la vasculose et les transforme en résines solubles dans les alcalis : l'épiderme se trouve alors complètement désagrégé.

L'hypochlorite, employé avec précaution, augmente le brillant des fibres et ne détruit pas sensiblement leur résistance.

Dans le traitement de certaines lanières, j'ai souvent trouvé de l'avantage à remplacer les deux bains de soude caustique par deux bains d'oléate de soude : les fibres ainsi obtenues étaient plus blanches et plus soyeuses que celles produites par la soude caustique, qui donne souvent aux fibres un aspect cotonneux.

Je viens de décrire le traitement des lanières

qui contiennent une forte proportion d'épiderme : c'est l'opération qui offre le plus de difficulté.

Lorsque l'épiderme ne se trouve dans les lanières qu'en petite quantité, le traitement présente la plus grande analogie avec celui du liber que je vais décrire actuellement.

TRAITEMENT DU LIBER

Le traitement du liber de ramie a, sur celui des lanières contenant de l'épiderme, des avantages qui ne peuvent pas être contestés.

Les industriels devraient donc, autant que possible, prendre, comme base de leurs opérations, le liber ou bien des lanières qui contiennent le moins possible d'épiderme.

Le liber débarrassé d'épiderme est devenu en quelque sorte imputrescible ; il peut être emmagasiné ou transporté sans inconvénient : l'élimination préalable de 50 pour 100 environ d'épiderme diminue, dans une proportion considérable, le prix de revient de la substance

fibreuse : le liber se dégomme beaucoup plus facilement que la lanière qui retient de l'épiderme ; les fibres qu'il produit sont plus blanches et plus soyeuses que celles qui sont retirées directement des lanières.

Il suffit souvent, lorsque le liber est bien préparé, de le soumettre, sous la pression de deux atmosphères, à l'action successive de deux bains d'oléate de soude agissant chacun pendant quatre heures, pour obtenir des fibres blanche et soyeuses.

J'ai vu même le liber de certaines espèces de ramie se dégommer complètement dans un seul bain d'oléate de soude agissant pendant deux heures et à la pression ordinaire.

L'opération exécutée sur le liber présente encore un avantage considérable que je dois faire ressortir ici et qui peut intéresser l'industrie parce qu'il permet d'obtenir régulièrement les fibres différemment dégommées.

Le liber est, comme je l'ai dit, une membrane constituée par des faisceaux dont les fibres sont reliées entre elles par un ciment formé de pectose, de cutose et de vasculose.

En faisant agir sur ce liber, dans des conditions différentes de chaleur et de concentration, des proportions variées d'oléate de soude, on peut laisser sur les fibres des quantités plus ou moins considérables de cutose et de vasculose qui, en augmentant le poids et la résistance de la partie fibreuse, produisent des fibres convenant à certaines applications de la ramie : en un mot le dégommage complet des fibres de ramie n'est pas toujours utile dans les industries où l'on recherche particulièrement une substance fibreuse, tenace et résistante.

Le traitement du liber permet, mieux que celui des lanières, de nuancer le degré de dégommage des fibres.

TRAITEMENT DU CHINA-GRASS

Je n'ai pas à insister ici sur le traitement du china-grass, qui présente la plus grande analogie avec celui du liber que je viens de décrire.

Le china-grass est constitué en effet, comme le liber des lanières, par des faisceaux dont les

fibres sont reliées entre elles par un ciment formé de pectose, de cutose et de vasculose.

Pour en retirer des fibres blanches et soyeuses il suffit souvent de faire bouillir le china-grass à deux reprises différentes et pendant deux heures, dans un bain alcalin d'oléate de soude, à la pression ordinaire.

Si, après ces deux opérations, le dégommage n'était pas suffisant, il faudrait compléter le traitement par l'oléate de soude, dans l'autoclave.

Les Chinois préparent le china-grass, comme je l'ai dit précédemment, en enlevant par des procédés mécaniques l'épiderme qui se trouve à la surface des tiges de ramie, et en détachant ensuite, à la main, la membrane libérienne de la partie ligneuse.

Le china-grass chinois a été employé dans un grand nombre d'usines françaises et étrangères, mais sa qualité n'est pas constante et son prix trop élevé ne permet pas de lutter avec le coton.

La préparation mécanique du china-grass, par la méthode chinoise, ne peut être établie

que dans un pays comme la Chine, où la main-d'œuvre est encore à un prix peu élevé.

Le mode de production du liber, par le procédé chimique que j'ai fait connaître, permettra, je l'espère, de faire entrer les fils de ramie dans nos filatures et pourra lutter avantageusement avec le china-grass chinois.

TRAITEMENT DES TIGES

Après avoir décrit le traitement des lanières et celui du liber, il me reste à parler du traitement direct des tiges, qui me paraît avantageux pour l'industrie.

Les tiges de ramie étant une fois coupées, le mieux serait d'éliminer immédiatement l'épiderme et de séparer ensuite le liber qui recouvre le bois; on éviterait ainsi toute altération des fibres et leur dégommage deviendrait alors d'une grande simplicité.

Lorsque les tiges sont fraîches on peut souvent, par un frottement entre les doigts, détacher l'épiderme, comme cela se pratique en

Chine : mais cette opération devient impossible lorsque les tiges sont sèches : le ciment à base de pectose et de cutose qui relie l'épiderme au liber, empêche la séparation des deux membranes.

Après avoir essayé un grand nombre de méthodes, j'ai trouvé que pour enlever l'épiderme, le mieux était d'opérer de la façon suivante :

Je chauffe pendant une demi-heure les tiges de ramie, dans un autoclave donnant deux atmosphères de pression, avec une dissolution qui contient 1/1000 de carbonate de soude.

Dans ces conditions, le ciment formé de pectose et de cutose qui reliait l'épiderme au liber se désagrège complètement, et l'épiderme peut être enlevé par un faible frottement ou par des lavages.

Dans ce traitement, le ciment qui réunissait le liber avec le bois est également désorganisé, et alors la membrane libérienne s'enlève avec la plus grande facilité.

Ainsi une dissolution alcaline très faible, agissant sous pression sur les tiges de ramie,

permet de détacher non seulement l'épiderme mais aussi le liber.

Il ne faudrait pas, dans l'opération que je viens de décrire, faire agir trop longtemps le carbonate de soude sur la tige de ramie, ou même augmenter la proportion de sel alcalin, car alors on désorganiserait la membrane libérienne qui perdrait son état corné en devenant filamenteuse et qui retiendrait alors des quantités notables d'épiderme que les lavages ou le frottement n'enlèveraient plus.

J'ai dit précédemment que pour séparer l'épiderme des tiges, on peut supprimer l'autoclave et opérer dans des chaudières ouvertes, mais en remplaçant alors le carbonate de soude par la soude caustique.

Les procédés que je viens de décrire, appliqués aux tiges de ramie vertes ou sèches, permettent donc de préparer le liber presque pur et de livrer au dégommage un produit qui présente la plus grande analogie avec le chinagrass des Chinois.

C'est à ce but qu'il faut tendre, selon moi,

pour obtenir des fibres de ramie présentant l'aspect de la soie.

Les tiges de ramie se prêtent donc, comme on le voit, à la préparation des fibres : elles présentent même, dans leur traitement, un avantage incontestable sur les lanières; elles permettent d'éliminer, sur place, l'épiderme qui ne se sépare qu'avec difficulté dans les lanières, et produisent ainsi un liber qui se dégomme facilement.

RÉSUMÉ

En laissant de côté les détails scientifiques que j'ai donnés pour faire comprendre le principe du dégommage des fibres textiles des végétaux, on peut dire que le traitement de la ramie devient d'une grande simplicité; je le résumerai dans les termes suivants :

1° L'écorce de ramie que l'on désigne dans l'industrie sous le nom de *lanière* est formée de deux parties qui sont l'*épiderme* et le *liber :* c'est le liber qui contient la substance fibreuse utilisable.

2° Pour retirer de l'écorce de ramie les fibres qui s'y trouvent, il faut d'abord éliminer l'épiderme et soumettre ensuite le liber à des agents chimiques qui mettent les fibres élémentaires du liber en liberté.

3° Pour éliminer l'épiderme, on peut agir soit sur les tiges, soit sur les lanières, en désorganisant l'épiderme par l'action des carbonates

alcalins ou en le dissolvant dans la soude caustique sous pression.

4° L'écorce de ramie une fois débarrassée de son épiderme représente le liber qui est ensuite soumis au dégommage pour donner les fibres élémentaires : cette opération du dégommage a pour effet de dissoudre la pectose, la cutose et la vasculose qui forment une sorte de ciment et relient les fibres entre elles.

5° Les agents chimiques qui servent à dissoudre ce ciment organique sont principalement les alcalis caustiques ou carbonatés, employés sous pression ou à la pression ordinaire, les savons, l'oléate de soude, les hypochlorites. La nature et les proportions de ces dissolvants varient avec l'espèce de ramie que l'on veut traiter.

6° Lorsque les opérations ont été bien conduites, on obtient des fibres soyeuses dont on reconnaît la pureté en employant l'acide sulfurique concentré, qui les dissout sans se colorer et sans laisser de résidu insoluble.

Comme presque toutes les plantes textiles, traitées par les méthodes que j'ai décrites,

donnent des fibres qui présentent les mêmes propriétés, la même composition et qui ont le même aspect soyeux, j'ai admis que les fibres corticales des végétaux étaient constituées par la même substance que j'ai désignée sous le nom de *Fibrose*.

Ce nom présente l'avantage de rappeler aux industriels qu'en perfectionnant les procédés qu'ils emploient pour purifier les fibres textiles des végétaux les plus divers, ils pourront obtenir une substance qui présentera l'aspect de la soie et qui prendra alors une valeur nouvelle.

J'ai donc fait tous mes efforts pour jeter quelque lumière sur une industrie qui intéresse vivement notre pays.

La science a fait son devoir et continuera à le remplir tant que son concours pourra être utile : mais son action ne doit pas rester isolée.

Il appartient actuellement à l'agriculture et à l'industrie de nous venir en aide dans la tâche que nous avons entreprise.

Je viens donc demander à l'industrie de soumettre à des essais décisifs les échantillons de ramie qui se trouvent facilement dans le commerce et d'en fixer ainsi la valeur.

Quand les résultats industriels seront constatés et qu'il sera bien reconnu que les fibres de ramie ont une importance incontestable, j'espère que les agriculteurs n'hésiteront pas à cultiver la ramie, sur une grande échelle, non seulement en France, mais dans presque toutes nos colonies.

Je connais plusieurs filateurs éminents, qui sont disposés à monter, dans leurs usines, la filature de la ramie, dès que la culture pourra leur livrer des quantités suffisantes de cette plante textile.

La France sera dotée alors d'un textile précieux, aussi brillant que la soie, d'une ténacité incomparable, ayant quelques-uns des avantages de la laine et du coton, et végétant avec vigueur soit dans nos départements frappés par l'abandon de la garance, soit dans nos colonies, qui ont en ce moment des inquiétudes sérieuses sur l'exploitation de la canne à sucre.

Je serai heureux, pour ma part, d'avoir prouvé une fois de plus, par mes études de chimie végétale, tout ce qu'on peut attendre de l'alliance de l'agriculture avec la science et l'industrie.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

Pages.

Généralités sur les fibres végétales textiles 1
Composition chimique du squelette des végétaux. . . . 8
Corps cellulosiques. 10
Paracellulose et métacellulose. 14
Fibrose. 15
Substances qui constituent le ciment des fibres et des cellules. 18
Vasculose. 19
Cutose 22
Substances gélatineuses des végétaux. 24
Pectose. 25
Pectine. 26
Acides gélatineux produits par la pectine. 27
Acides solubles dans l'eau dérivés de la pectose 29
Élimination des corps qui relient entre elles les fibres et les cellules. 30
Constitution chimique de la chlorophylle. 32

DEUXIÈME PARTIE

Généralités sur la ramie. — Traitement de la ramie. . 37

Pages.
Culture de la ramie 44
Rendement de la ramie. 47
Application industrielle de mes recherches chimiques sur les tissus des végétaux. 48
Décortication des tiges de ramie 50
Détermination des éléments qui constituent les lanières de ramie. 52
Constitution chimique de l'épiderme 54
Constitution chimique du liber 56
Traitement chimique des lanières. 60
Traitement chimique du liber. 64
Traitement du china-grass. 66
Traitement chimique des tiges. 68
Résumé. 72

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

13994. — IMPRIMERIE A. LAHURE,
9, rue de Fleurus, à Paris.